

# 断層設定による震災分布の想定

小 沢 泉 夫

## ESTIMATIONS OF DISTRIBUTIONS OF EARTHQUAKE DISASTER BY SETTING SEISMIC FAULTS

By *Izuo OZAWA*

### Synopsis

Relations between distributions of earthquake disasters and their distances from seismic faults are studied in ten destructive earthquakes in Japan Island. And we have a relation among the seismic magnitude  $M$ , the depth  $D$ (km) of the fault surface, the distance  $x_0$ (km) from the fault and the ratio of houses collapsed  $Y$ (%) as follows

$$x_4 = -66.2 - 12.4M - (0.345 - 0.0155D)Y,$$

$$\text{and } x_n = \frac{(n-0.5)^2}{12.25} x_4,$$

where subindex  $n$  of  $x$  is the grade of the ground.

Some seismic faults are supposed in the southern Kyoto Prefecture and the northern part of Kobe City, and their earthquake disasters are estimated.

### 1. 序

震源と地震の規模を想定して震度あるいは震災の分布を求めることは近年震災対策のために強く要求されている。これに関連した研究には例えば河角廣<sup>1)</sup>は河角マグニチュード  $M_k$  と震度  $I$ , 震央距離  $D$ (km) または震源距離  $D'$ (km) との関係として

$$e^I = \left(\frac{100}{D}\right)^2 e^{M_k - 0.00183(D-100)} \quad D > 100\text{km},$$

$$I = M_k + 2 \log(D_{100}'/D') + 0.0167(D_{100}' - D') \quad D < 100\text{km} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに  $D_{100}'$  は  $D'=100\text{km}$  における  $D'$

勝又護・徳永規<sup>2)</sup>は  $M$  と震度 4 以上の面積  $S$ (km<sup>2</sup>) との関係として

$$\log S = 0.82M - 1.0$$

を与え、震度  $IV$  の領域が円形に近いとき、その半径  $R$ (km) と  $M$  との関係として

$$\log R = 0.41M - 0.75$$

を与えた。

村松郁栄<sup>3)</sup>はそれぞれの  $M$  の場合の震央距離と震度、地震動の加速度、速度との関係を求めると同時に震度  $V$  以上の面積  $S_5$ (km<sup>2</sup>)、震度  $VI$  以上の面積  $S_6$ (km<sup>2</sup>) と  $M$  との関係として

$$\left. \begin{aligned} \log S_5 &= 6.8 + M, \\ \log S_6 &= 3.34 + 1.36M \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

を求めている。これと類を同じくするものには H. Berckhemer<sup>4)</sup>の研究等がある。

金井清<sup>5)</sup>は日立鉱山の地下 300m の基盤で地震動を観測して、その結果から震源距離 100km における最大変位振幅  $dms$ (cm) とその周期  $T_m$ (sec) の間には

$$dms = 5.3 \times 10^{-3} T_m^{2.56} \dots\dots\dots(4)$$

の関係があること、 $(0.05\text{sec} \sim 0.2\text{sec}) < T < T_m$  の周期  $T$  に対しては変位振幅  $d_0$ (cm) との間に

$$\frac{d_0}{T} (\equiv \text{速度}) = \text{一定} \dots\dots\dots(5)$$

が成立していることを見出した。また、 $dms$  とマグニチュード  $M$  との関係、 $dms \propto 10^M$ 、と式(4)とから  $T_m \propto 10^{0.39M}$  を求めた。これらの関係から震源距離  $x(\text{km})$  と  $M, d_0, T$  の間の関係は  $\log(d_0/T) = 0.61M - Px + Q$  と書ける。金井は基盤の地震動が地盤の中に入ったとき地盤の最大増幅度  $G(T)_m$  と地盤の卓越周期  $T_G$  との統計的關係が

$$G(T)_m = 5\sqrt{T_G} \dots\dots\dots(6)$$

であることを求め地盤の振動特性  $G(T)$  を

$$G(T) = \frac{1}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{T}{T_G}\right)^2\right\}^2 + \left\{\frac{0.2}{\sqrt{T_G}} \left(\frac{T}{T_G}\right)\right\}^2}} \dots\dots\dots(7)$$

と表わした。地上における地震動のスペクトル  $U(T)$  を

$$U(T) = B(T) \times G(T) \dots\dots\dots(8)$$

ここに  $B(T)$  は基盤の地震動スペクトル、と近似させることによって、地震動の最大加速度  $a_{\max}(\text{gal})$  を、日本、アメリカの強震計の記録を使って、

$$\left. \begin{aligned} a_{\max} &= \frac{5}{\sqrt{T_G}} \cdot 10^{0.61M - P \log_{10} x + Q}, \\ P &= 1.66 + \frac{3.60}{x}, \quad Q = 0.167 - \frac{1.83}{x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

を求めた。

また、金井は一般に地表面の地震動の変位スペクトル  $d(\text{cm})$ 、速度スペクトル  $v(\text{cm/sec})$  および加速度スペクトル  $a(\text{gal})$  は

$$\left. \begin{aligned} d(\text{cm}) &= G(T) \times T \times 10^{0.61M - P \log_{10} x + Q - 1.60}, \\ v(\text{cm/sec}) &= G(T) \times 10^{0.61M - P \log_{10} x + Q - 0.80}, \\ a(\text{cm/sec}^2) &= G(T) \times \frac{1}{T} \times 10^{0.61M - P \log_{10} x + Q} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

で表わされることを示している。

上に述べたこれらの関係式では震源は点として取扱うのかある大きさをもつものとして取扱うのかについては明らかに述べられていない。したがって震源距離と述べられていても破壊的地震の場合には震央距離と述べられている場合とあいまいさにはあまり変わりがない。地震災害が問題とされるのは多くの場合は震源内あるいは震源にごく近い距離の所であるので、これらの式を有限の大いさをもっている震源の場合の震災にそのまま適用することに大きな抵抗を感じずる。震動源の大きさが有限であるとして取扱われた例には福井地震の際の被害率  $Z_c$  と震央距離  $R$  との関係を表示する際、谷口忠の着想により断層線の中の  $8\text{km}$  の線分(この線分は倒壊率  $100\%$  の範囲を示す楕円形等高線の焦点を線分の両端としている)よりの距離  $R'(\text{km})$  を考え、

$$Z_c = 99.0R'^{-2.32}(\%)$$

と求めた例<sup>6)</sup>があるのみである。

ここで著者は過去に起きた地震で断層の位置と全壊率の分布の明らかなもの10例について、地盤の種類(金井の種類)を考慮に入れて、地震のマグニチュード、震源の深さ、断層からの距離との関係をしらべ、これらの間の関係式を作った。また、ある地域で地震の発生が想定されたとき、最もでき易いと思われる所に断層線を引き求めた関係式とその地区の地盤の種類別の分布を考慮して、被害あるいは震度分布の想定を試みみた。

## 2. 基 礎

断層と地殻の変動について具体的に述べられた理論には M.A. Chinnery<sup>7)</sup>、丸山卓男<sup>8)</sup>などの多くの研究者の理論がある。Chinneryによれば一様な半無限弾性体の中に地表にまででている垂直な断層平面を考えた

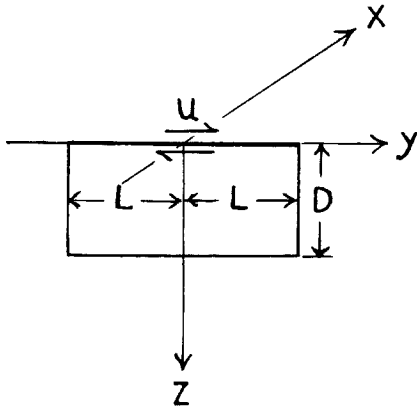


Fig. 1. Dimension of the rectangular dislocation surface

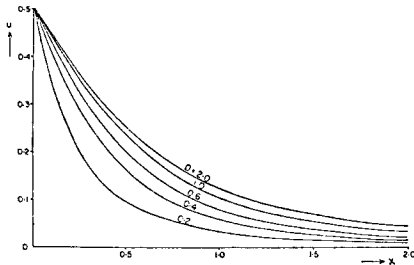


Fig. 2. Fall off of  $u$  with  $x$  along  $y=0$  ( $u$  in units of  $u_0, D$  and  $y$  in units of  $L$ ). (after Chinnery).

きの食い違い変位量の分布に関しては、地表の水平変位の分布の形は断層の長さや断層面の深さとの比 ( $10$  と  $0.5$ ) によって大きい差はない。また、断層線の中央部と端に近い所とでも末端の極く近傍を除けばそれほど大きい差はない。したがって断層に平行な水平変位成分の地表面での分布は断層からの距離との間の一次元的な取扱をしても大きな誤りはでてこない。

Fig. 1 のように断層面が地表と交わる断層線の中心を原点とし断層線上に  $y$  軸、断層に直交して水平方向に  $x$  軸、垂直下方に  $z$  軸をとる。断層面は地表面に垂直で深さが  $D$  迄ある。また、地表との交線の長さは  $2L$  である矩形とする。いま、 $L \gg D$ 、また取扱う  $x, y$  の値は  $L$  よりも充分小さければ地表面上の断層線に平行な変位成分  $u$  は

$$u = \frac{2u_0}{\pi} \tan^{-1} \frac{D}{x} \dots\dots\dots(12)$$

で与えられ他の 2 つの成分は無視される。式 (9) で  $u_0$  は断層の喰違いの大きい方の  $\frac{1}{2}$  である。式 (9) で  $D$  が大きいほど  $x$  に対する  $u$  の減少のし方はゆるやかである。また  $u > u_0/3$  あるいは  $x < L/2$  の範囲では  $u$  の曲線は直線と見做しても大きい誤差はない (Fig. 2)。

今、 $u$  の比較的大きい領域、すなわち  $x$  の小さい範囲、すなわち断層線からあまり遠くない所ではこのような  $u$  の変動が同じ時間内にできたと考えても不自然ではない。この場合土地の変動の速度変化  $\partial u / \partial t$ 、加速度変化  $\partial^2 u / \partial t^2$  はいずれも  $u$  の値に比例することになる。従って  $u$  が断層

からの距離に対して一次的に減少するならば速度成分、加速度成分も一次的に減少し、震度、震災も断層からの距離に対して一次的に減少することになる。

断層の喰違いの量  $2u_0(m)$  に関しては飯田汲事<sup>9)</sup> は地震のマグニチュード  $M$  に対して、

$$\log(2u_0) = (0.55 \pm 0.07)M - (3.71 \pm 0.50) \dots\dots\dots(13)$$

の式を与えている。また、同時に断層面の面積と  $M$  との関係も与えている。震災対策として考慮される  $M$  の範囲は  $M > 6.0$  の狭い範囲であるので実際には  $M$  と  $2u_0$  との関係も一次関数で結んでも大きな支障はない。また、断層面の深さも精々約  $20km$  迄であるので  $D$  と  $u$  の断層線からの距離に関する減少率も一次関数で結んでも同様に大きい誤差はでてこない。従って震災分布の解析に当って次の章では第一近似として震災の大きさをマグニチュード  $M$ 、断層線からの距離  $x(km)$ 、断層面の深さ  $D(km)$  の一次関数として取り扱うこととした。

### 3. 資料解析

前の章の式 (12) で述べたように震災の一つの表現、被害率あるいは全壊率  $Y(\%)$  を

$$Y = \frac{2Y_0}{\pi} \tan^{-1} \frac{D}{x} \dots\dots\dots(14)$$

の形のままで与えようとするとき、 $Y_0$  をどのような値にするかという問題に遭遇する。(14) の式からは  $D$  を断層面の深さとして与えさえすればすべは  $Y_0$ 、すなわち  $x=0$  における  $Y$  の値によって決定する。今

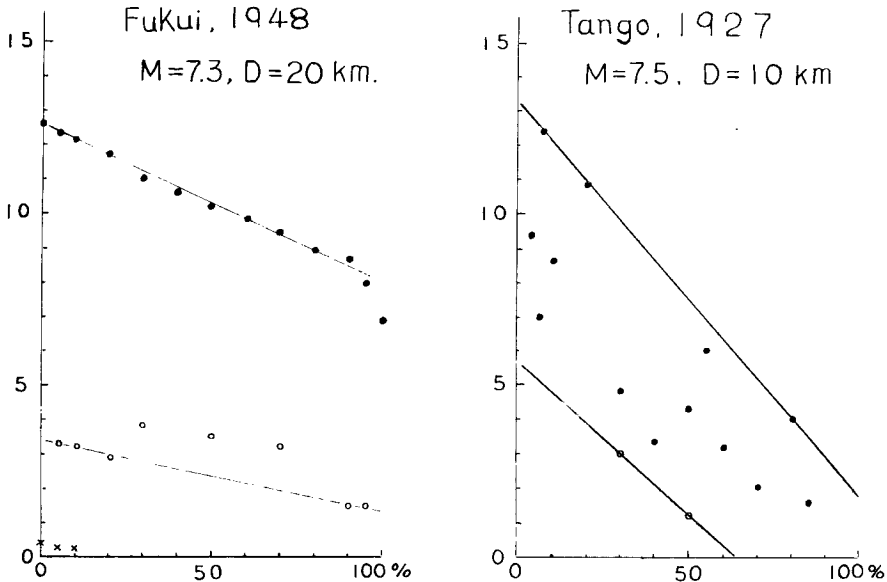


Fig. 3(a) Distributions of ratios of houses collapsed to total houses versus the distances from the fault in the Fukui Earthquake.

Fig. 3(b) Distributions of ratios of houses collapsed to total houses versus the distances from the fault in the Kita-Tango Earthquake.

$Y_0$  がどのような値で求められるかを示す。Fig. 3(a) は1948年の福井地震<sup>10)</sup> ( $M=7.3, D=20\text{km}$ ) の場合の断面線からの距離  $x(\text{km})$  と全壊率 (%) との関係を示したものである。図中●印 (黒丸) はそれぞれの全壊率に対して断層線から最も遠い所にある地区までの距離を示している。これらの点は全壊率90%以上のものを除くとほとんど一つの直線上に並んでいる。また、図中○印 (白丸) は福井平野 (沖積地) の中でそれぞれの全壊率に対して断層線に最も近い地区迄の距離を示している。また×印は山地でそれぞれの全壊率に対して断層線から最も遠い地区までの距離を示している。そうしてこれらの点はそれぞれの直線上に並んでいると見てよい。福井平野は金井清の地盤の種別分けの方法によれば大むね第三種地盤迄と見てよいので黒丸は第三種地盤にそれぞれの全壊率が及ぶ距離の上限を示していると思われる。また白丸は第三種地盤の下限、第二種地盤の上限を示していると見てよく、×印は第一種地盤に対する距離の上限を示すと見られる。ここで黒丸の値に対して、最小自乗法を使って式(14)への当てはめをすると  $Y_0$  の値は  $(73.9 \pm 10.8)\%$  と求められる。すなわち断層線が第三種地盤 (上限) にあったときはその線上では全壊率約74%となるということであろう。同じことを1930年の北伊豆地震<sup>11)</sup> ( $M=7.0, D \sim 5\text{km}$ ) に対して行なうと  $Y_0 = (130 \pm 21)\%$  と求められる。すなわち、断層線上でははるかに100%の全壊率を出す以上の震度になっていたことを示しているのであろう。これが事実であっても全く不合理ではない。震源の深さを一定と見做し震央の震度と  $M$  との関係を与えた C.F. Richter の処理も同じ趣向のものであるかもしれない。北アメリカ西岸のように広大な地域にわたって同じような  $Y_0$  の値を与えられるかもしれない場合は別として、あらかじめいろいろな  $Y_0$  の値を用意しておくのには日本の地震の場合まだ研究の進展が早過ぎる。

参考迄に断層からの距離でなく、震央距離  $\Delta(\text{km})$  に対して、また地震による相違は偏差であるとして処理された例には

$$\begin{aligned} \text{東海地震: } Y &= 13 \times e^{-0.038\Delta}, & \text{水上 武} \\ \text{三河地震: } Y &= 59.8 \times e^{-0.0986\Delta}, & \text{表 俊一郎} \end{aligned}$$

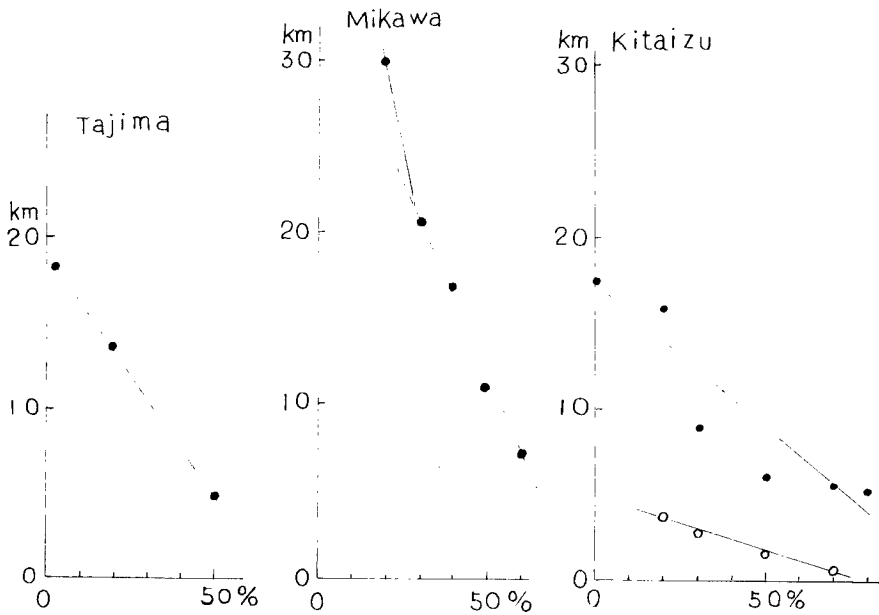


Fig. 3(c) Distributions of ratios of houses collapsed to the total houses versus the distances from the faults in earthquakes of the Taiima, the Mikawa and the Kita-Izu, respectively.

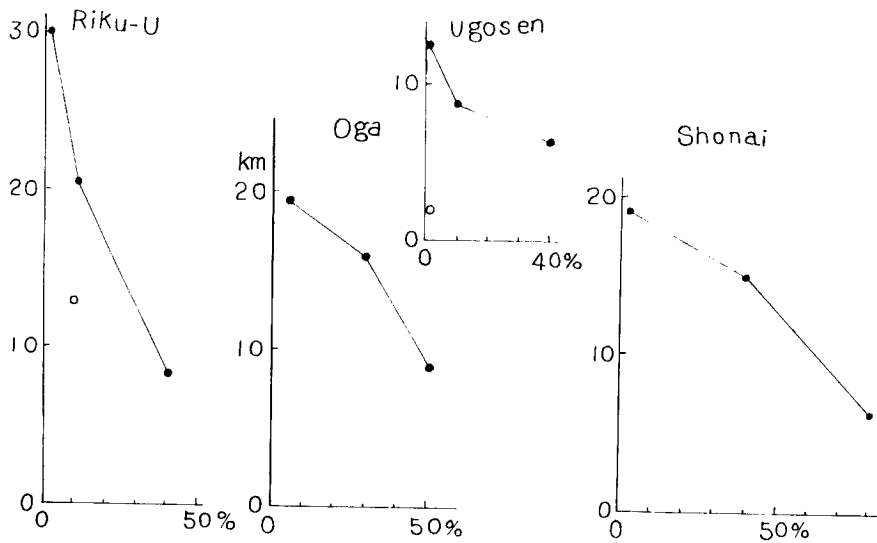


Fig. 3(d) Distributions of ratios of houses collapsed to the total houses versus the distances from the faults in earthquakes of the Riku-U, the Oga, the Ugosen and the Shonai, respectively.

福井地震： $Y=1,800 \times D^{-2.26}$ , 福井地震震災調査報告  
 などがある。

逆に式(14)を変形して

$$x = D / \left( \tan \frac{Y\pi}{2Y_0} \right) \dots\dots\dots(15)$$

としてこの式に測定値をあてはめる場合、全壊率に比例する値  $Y/Y_0$  の小さい値に対しては、全壊率は震度の小さい方では急激に半壊、破損などの形で減少して行くためか式(14)のままでは計算が困難であるので、ここでは Chinnery の式の傾向だけを受け入れて次に述べる解析を行なった。

福井地震の場合と同様に1927年の丹後地震<sup>12)</sup> ( $M=7.5, D=10\text{km}$ ) の場合の断層線からの距離と全壊率との関係を示す。図の中の各点は旧町村ごとの全壊率および距離の平均値を示している。平均値を用いている関係上地盤の相違によってでてくる上限と下限も互に接近するようになる。これらの被害町村の地盤は平均して第二種と第三種で第一種の所は家屋数も少数であるのでこの図からは消えてしまっている。図中の点はそれでもあたかも上限と下限との間に分布しているように見える。著者等はこの地域では主として常時微動法による地盤の調査を行なった。この図の上限の直線上にある網野、島溝川、石川、浜詰、久美浜は平均して第三種地盤で下限の線上にある三河内、常吉、加悦、間人は第二種地盤の所である。

**Fig. 3(c), (d)** は地盤の種別を特に考えずに断層線からそれぞれの全壊率が最も遠くに及んだ町村迄の距離を示している。このグラフを作るために参照した文献は巻末に示す<sup>13-21)</sup>。

**Fig. 3(a), (b)** よりそれぞれの全壊率  $Y(\%)$  が断層線から一番遠い町村迄の距離  $x(\text{km})$  はほとんど一つの直線の上に乗っており、また各種の地盤に関する直線は  $Y$  の大きい所では集中する傾向がある。このことは全くの断層線上では地盤の影響は少く、断層から遠ざかるにつれて地盤による差が顕著となることを示している。また  $x$  と  $Y$  との関係は

$$x = a - bY \dots\dots\dots(16)$$

の形で示されると考えてよい。

**Table 1** に地震のマグニチュード  $M$ , 断層面の深さ  $D$ , 式(16)で定義される  $a, b$  の値、及びそのグラフに相当する地盤の種別を示す。

**Table 1** に示された  $M$  と  $a$  との関係を **Fig. 4** に示す。この図から明らかなように男鹿地震と福井地震、北丹後地震を除くと  $M$  と  $a$  とはほとんど直線関係にあることが分かる。男鹿地震は1分程の間をおいて同じ位の地震が2つあったこと、八郎潟とすぐ近くに日本海海岸など地盤が特に悪いという悪条件を持っていたので特に被害が遠くに及んだのであろう。また、福井地震では内陸の盆地で海に面した平野より地盤がよく、ま

Table I. The values of  $M$  and  $D$  of earthquakes, those of  $a$  and  $b$  in formula (16), and the grades of grounds ( $n$ ) in their focal regions.

Earthquake		$M$	$D$ (km)	$a$ (km)	$b$	$n$
Hamada	1872	7.1		19.2	0.360	4
Shonai	1894	7.3		23.6	0.220	4
Riku-U	1896	7.5		31.0	0.530	4
Ugo-sen	1914	6.4		12.5	0.150	4
Tajima	1925	7.0	20	19.2	0.292	4
Kita-Izu	1930	7.0	~5	18.7	0.200	4
Kita-Tango	1927	7.5	10	13.4	0.130	3
Oga	1939	6.6	~5	26	0.350	>4
Mikawa	1945	6.9	10	17.4	0.215	4
Fukui	1948	7.3	20	12.3	0.045	3

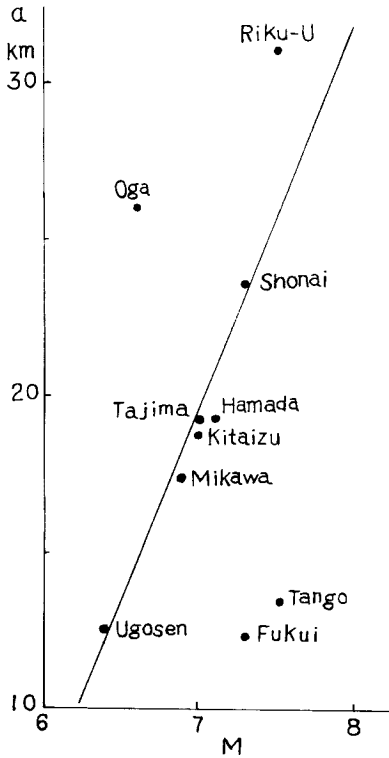


Fig. 4. Relation between seismic magnitudes  $M$  and  $a$  which is maximum distances from faults to houses collapsed in earthquakes.

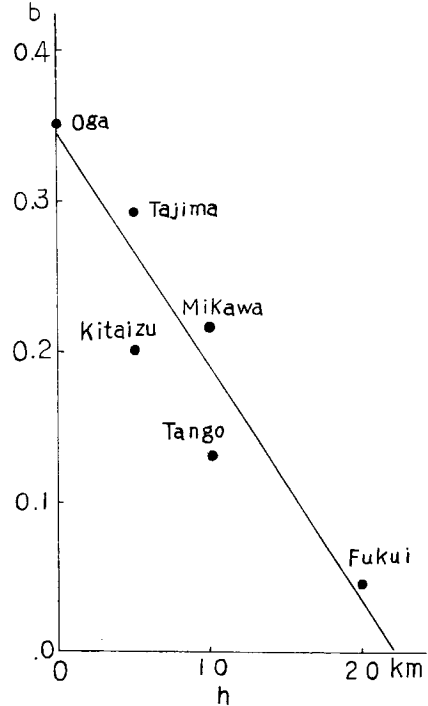


Fig. 5. Relation between depths of fault surfaces  $D$  and  $b$  which is ratios of fall off of maximum distances from these faults to houses collapsed with their ratios of houses collapsed.

た  $M$  に比して震災地が狭い盆地で限られたということもあるのであろう。北丹後地盤では沖積地は竹野川、田川に沿った細長い盆地でたまたま断層もその川に沿っており、久美浜湾もそれほど遠くにはなく、四周は地盤のよい山地で高々第三種地盤の所しかなかったことによるのであろう。今  $a$  が  $M$  の一次関数であるという表現をするとその関係式は

$$a = -66.17 + 12.37M, 7.5 \geq M \geq 6.4 \dots\dots\dots(17)$$

と求められる。

つぎに断層の深さ  $D$  と式 (16) の  $b$  との関係は Fig. 5 に示されるように実用的には一次関数で結びつけてよいと思われる。また、第 3 種地盤の  $b$  と第 4 種地盤の  $b$  とをまとめて集計しても大勢を変えることはないと考え  $D$  の明らかである 6 個の値はほぼ一つの直線の上に乗っていると見られるのでこれらの関係式として

$$b = 0.345 - 0.0155D \quad D \leq 20\text{km} \dots\dots\dots(18)$$

と求められる。式 (17) と (18) を 1 つにまとめて、第 4 種地盤に関する  $x$  の値として  $x_4(\text{km})$  を全壊率  $Y(\%)$  と  $M, D(\text{km})$  との関係式として書くと

$$x_4 = -66.17 + 12.37M - (0.345 - 0.0155D)Y \dots\dots\dots(19)$$

となる。

つぎに、地盤の種別  $n$  に対してどんな変り方をするかは Fig. 3(a), (b) とくに福井地震の場合の地盤による全壊率分布を考慮して

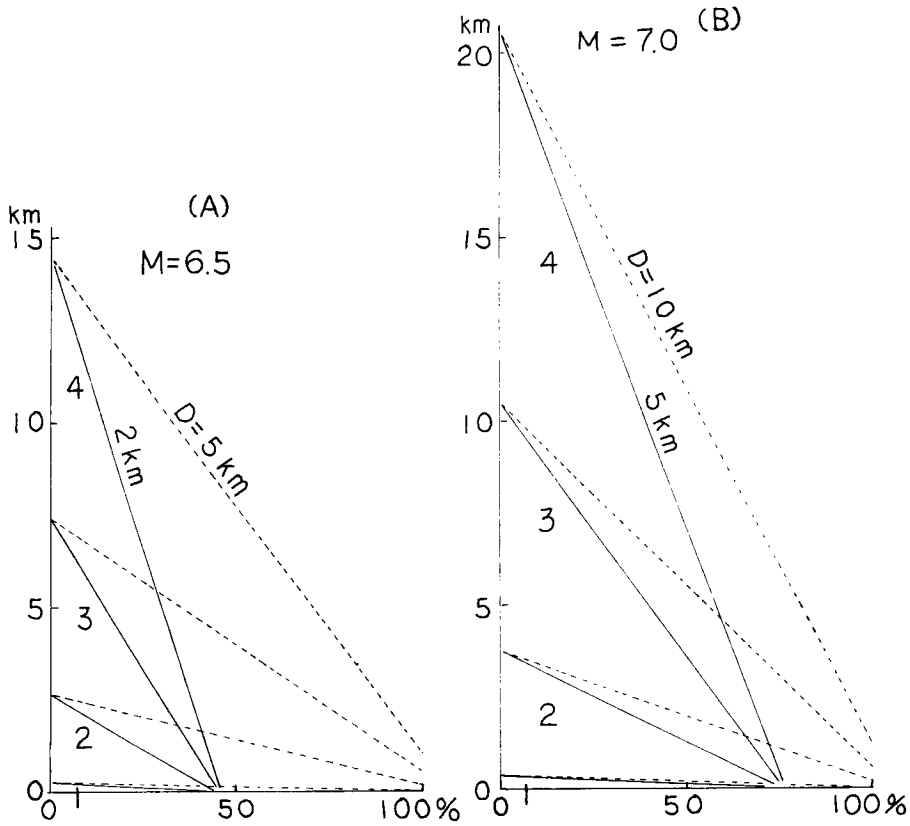


Fig. 6(A). Graphs of ratio  $Y(\%)$  of collapsed houses versus distance  $x(\text{km})$  from fault in earthquakes whose magnitudes  $M$  are 6.5 and depths of fault surfaces are 2 km and 5 km, respectively.

Fig. 6(B). Graphs of ratio  $Y(\%)$  of houses collapsed versus distance  $x(\text{km})$  from fault in earthquakes whose magnitudes  $M$  are 7.0 and depths of fault surfaces are 5 km and 10 km, respectively.

$$x_n = \frac{(n-0.5)^2}{12.25} x_4, \quad n=1,2,3,4, \dots \dots \dots (20)$$

を与えた。ここに  $x_n(\text{km})$  は  $n$  種地盤に関する  $x$  の値である。

実例として、福井地震の場合は式(19)で  $M=7.3, D=20\text{km}$  とおいて  $x_4=24.1\text{km}$  となる。また、この値と式(20)より、 $x_3=12.3\text{km}, x_2=4.4\text{km}, x_1=0.48\text{km}$  と求められ、Fig. 3(a)のグラフで示す実測は  $x_3=12.3\text{km}, x_2=4\text{km}, x_1=0.5\text{km}$  でよく計算値と合っている。また、北丹後地震の場合は  $M=7.5, D=10\text{km}$  と式(19), (20)より、 $x_4=26.6\text{km}, x_3=13.6\text{km}, x_2=4.9\text{km}, x_1=0.53\text{km}$  と計算され、実測値は Fig. 3(b)で示すように  $x_3=13.4\text{km}, x_2=5.2\text{km}$  でこれもよい一致を示している。

Fig. 6 (A), (B), (C) に式(19), (20)の計算例としてそれぞれ  $M=6.5$  で  $D=5\text{km}$  と  $2\text{km}$ ,  $M=7.0$  で  $D=10\text{km}$  と  $5\text{km}$ ,  $M=7.5$  で  $D=15\text{km}$  と  $10\text{km}$  の場合の  $x(\text{km})$  と  $Y(\%)$  のグラフを示した。

#### 4. 震災想定例

ある地方にある規模の地震の発生が想定されたとき、この地方の地形等からどの付近にどの位の長さの断層



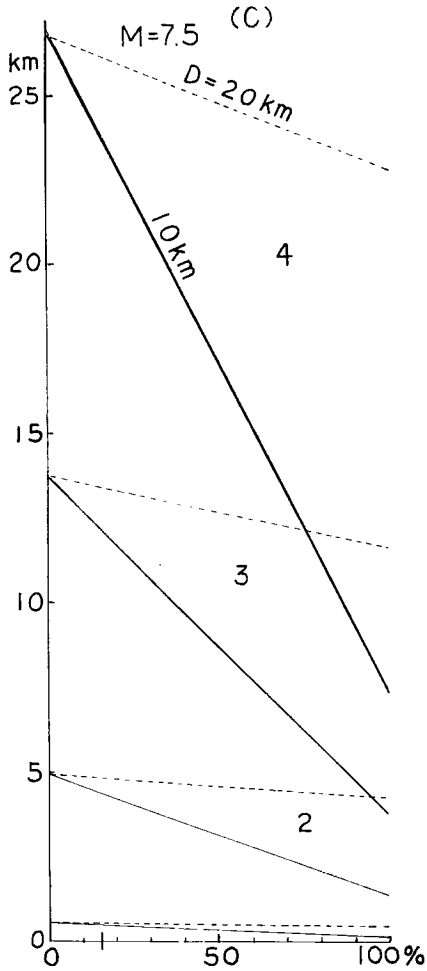


Fig. 6(C). Graphs of ratio  $Y(\%)$  of houses collapsed versus distance  $x(\text{km})$  from fault in earthquakes whose magnitudes  $M$  are 7.5 and depths of fault surfaces are 10 km and 15 km, respectively.

ができるかを想定する手段がある<sup>22)</sup>。また、その断層の長さから逆に地震の規模を想定することもできる。このようにして地図の上に予想される断層を引き、同時にそのマグニチュード  $M$  を決めておく。次にこの地区の地盤の種別分布と式(19)、(20)を使って各点の全壊率の計算をしてその分布図を作る。この全壊率は日本にある木造家屋の平均に対するものであるので簡単な操作で震度あるいは地震加速度などに換算されたりする。

われわれはここ数年間、京都市<sup>23)</sup>、京都府<sup>24)</sup>、兵庫県下数ヶ所<sup>25)</sup>で地盤種別分布の調査をした。これらを

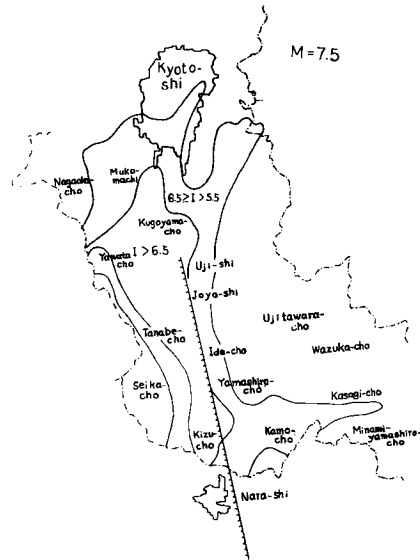


Fig. 7(a). Distributions supposed of isoseismal in a hypothetical earthquake whose magnitude is 7.4 in the southern part of Kyoto Prefecture.

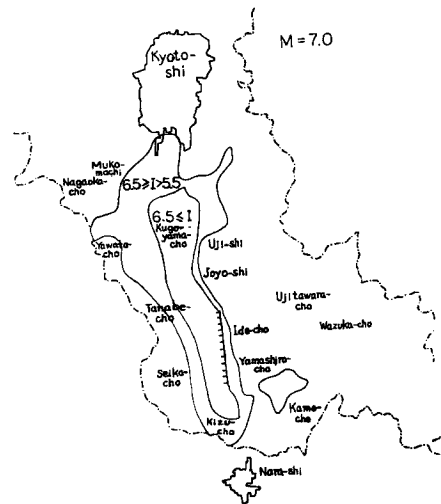


Fig. 7(b). Distribution supposed of isoseismal in a hypothetical earthquake whose magnitude is 7.0 in the southern part of Kyoto Prefecture.

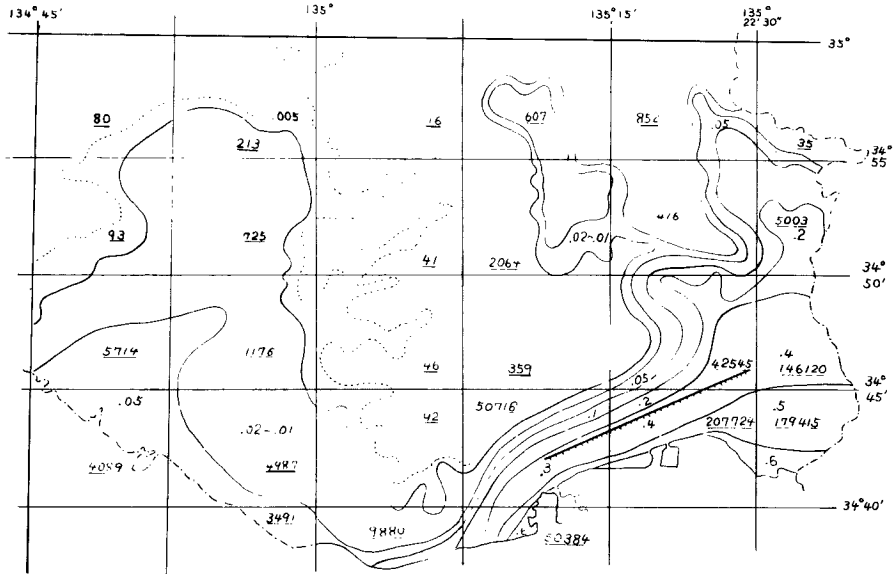


Fig. 8. Distributions supposed of ratios of houses collapsed and of afflicted populations caused by a hypothetical earthquake in the northern part of Kobe City.

資料として上に述べた方法で震災予想分布図を作った。

a) 京都府南部 京都府南部は1598年に伏見大地震 ( $M=7.0$ ) があつた所である。また、この東南方の地区では1854年には伊賀上野地震 ( $M=6.9$ )、1936年には摂津河内の地震 ( $M=6.7$ ) があつたが、この3つの地区で囲まれた地区では1885年、気象台の地震観測網が作られて以来約90年間、有感地震の震央があつたことが記録されていない。この無地震地区の面積は約  $2,700\text{km}^2$  でもしこの地区にストレスが一杯に蓄積されて、これが一発の大地震で解消されるとすればこの地震の  $M$  は7.4と計算される<sup>22)</sup>。ここで伏見地震のときできた京都市南部に始まる断層の延長線上に新しく断層を Fig. 7(a), (b) のように想定した。1例として  $M=7.4$  の地震が起きると仮定して、長さ37kmの断層線を引き、この地区の地盤種別分布と式(19), (20)を用いて Fig. 7(a) に示す震度分布図を作った<sup>26)</sup>。また、Fig. 7(b) には  $M=7.0$ 、断層の長さ7kmの場合の震度分布図を示した。なおこれらの分布図は地盤種別分布の分かっている京都府内のみを記した。

b) 神戸市北部 Fig. 8 は神戸市の北部、六甲山の麓に長さ約10kmの断層、 $M=7.1$ の地震の発生を想定した場合の被害率分布を示している。図中0.6, 0.4等の等高曲線の上の数字は被害率を示している。この数字はまた、たまたま地震動加速度の重力速度に対する比にほとんど近い値ともなっている。また、緯度で  $5'$  (9.26 km)、緯度で  $7.5'$  (約11.25 km) のメッシュを作りその中の被災人口をアンダーラインのついた数字で示している。この被災人口は被害率にメッシュの中の人口を掛けた数で被害率が全壊率に相当するときは住居を全く失ってしまった人の数になる。

## 5. 結 び

この研究ではまず福井、北丹後など10個の地震の場合の断層からの距離  $x$  と全壊率  $Y$  との関係をしらべた。その結果  $x=a-bY$  の形で充分表現できることが分かった。また、 $a$  は  $M$  の一次関数で、 $b$  は断層面の深さ  $D$  の一次関数で表現できることが分かったので、 $x$ ,  $Y$ ,  $M$ ,  $D$  の間の関係式(19)を作った。また福井地震、北丹後地震の場合の地盤と全壊率との関係から地盤  $x$  ととの関係式として(20)を作りよい結果を得た。

つぎに、式(19)と(20)および京都府南部と神戸市付近の地盤調査の結果とを用いて、これらの地区に地震の

$M$  と断層の位置と長さを仮定して、震度あるいは被害率分布を想定した。この論文は当座の目的のためにまとめたもので、多くの改善の余地を残している。今後の研究のための叩き台となれば幸いである。

最後にこの研究の端緒を作る機会を与えられた京都市、京都府、兵庫県に対して御礼申し上げます。また、これらの市・府・県の地盤調査に参加された重富国宏、西村敬一、西宇正嘉、服部昇、内田真人、笹尾忠弘、藤井伸蔵、森本喜一郎、臼井満、石原和弘、田村八洲夫、林資興の諸氏、また、これらに関する庶務的業務を手伝われた小松千代氏に心から感謝します。

### 参 考 文 献

- 1) Kawasumi, H.: Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from seismic activity in historical times. Bulletin of Earthquake Research Institute, Tokyo University Vol. 21, 1951, pp. 469-481.
- 2) 勝又 護・徳永規一：震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応，*験震時報*，第36巻，1971，pp. 89-96.
- 3) 村松郁栄：震度分布と地震のマグニチュードとの関係，*岐阜大学教育学部研究報告*，自然科学，第4巻，1969，pp. 168-176.
- 4) Berckhemer, H.: Die Ausdehnung der Burchfläche im Erdbebenherd und ihr Einfluß auf des seismische Wellenspektrum, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Bd- 71, 1962, pp. 5-26.
- 5) 金井 清：地震工学，共立出版株式会社，昭44.5. pp. 90-98.
- 6) 日本学術研究会議北陸震災調査特別委員会：昭和23年福井地震震害調査報告，Ⅱ建築部門，昭26.8，pp. 29-68.
- 7) Chinnery, M. A.: The deformation of the ground around surface faults, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 51, 1961, pp. 355-372.
- 8) 丸山卓男：断層地震の波源モデル，*関東大地震50周年論文集*，1973，pp. 147-165.
- 9) Iida, K.: Earthquake magnitude, earthquake fault, and source dimensions, *Journal of the Earth Sciences*, Nagoya University, 13, pp. 115-132.
- 10) Report of the Special Committee for the Study of the Fukui Earthquake: The Fukui Earthquake of June 28, 1948, 1950, pp. 1-28, pp. 93-130.
- 11) 中央气象台：昭和5年11月26日北伊豆地震報告，*験震時報*，第4巻，第3号，昭5.12.口絵，pp. 305-304，pp. 305-311.
- 12) 谷口 忠：丹後地震に於ける建築物の被害に就いて，*東京大学地震研究所彙報*，第四巻，昭2，pp. 133-162，図1，写真1.
- 13) 岸上冬彦：1894年の庄内地震の研究，*東京大学地震研究所彙報*，第36巻，昭33，pp. 227-233.
- 14) 今村明恒：明治5年の浜田地震，*震災予防調査会報告*，第77号，大2,10，pp. 43-77.
- 15) 今村明恒：明治二十九年の陸羽地震，*震災予防調査会報告*，第77号，大2,10，pp. 78-87.
- 16) 萩原尊禮：昭和14年5月1日男鹿地震調査概要，*東京大学地震研究所彙報*，第17巻，昭14，pp. 627-637.
- 17) 今村明恒：但馬地震調査報告，*震災予防調査会報告*，第101号，昭2，pp. 1-30.
- 18) 山崎直方：但馬地震，*震源調査報告*，*震災予防調査会報告*，第101号，昭2，pp. 31-34，図1.
- 19) 今村明恒：大正3年秋田県仙北郡大地震調査報文，*震災予防調査会報告*，第82号，大4，pp. 1-32.
- 20) 表俊一郎：東南海地震及び三河地震による地盤危険率の比較，*東京大学地震研究所彙報*，第24巻，昭21，pp. 87-98.
- 21) 飯田汲事・坂部和夫：三河地震における深溝断層の延長について，*地震*，第2輯，第24巻，昭47，pp. 45-55.
- 22) Ozawa, I.: Estimations of the magnitudes of future earthquakes, *Contributions of the Geophysical Institute, Kyoto University*, No. 12, 1972, pp. 129-143.
- 23) 小沢泉夫：震災対策からみた京都の地盤，*京都市防災会議報告*，昭45，pp. 1-6.
- 24) 小沢泉夫他：京都府における震災対策基礎調査報告書，第1篇，第2・3篇，昭46，pp. 1-37，pp. 1-73.
- 25) 小沢泉夫他：兵庫県における震災対策基礎調査報告書（昭和47年度），*兵庫県*，昭48，pp. 1-131.
- 26) 小沢泉夫：京都府下における震度と震災の想定，*京都府における震災対策基礎調査報告書*，第4篇，昭48，pp. 1-43.